

УСКОРЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО СИНХРОТРОНА НА 300 Мэв

Б. А. СОЛНЦЕВ, В. И. ТОЛМАЧЕВ

Для обеспечения равномерной частотой характеристики в диапазоне частот 28,2—37,5 Мгц ускоряющее устройство должно обладать добротностью не выше 3. Поскольку основные изменения частоты идут в начальной части цикла ускорения в течение нескольких сот мксек, а всего цикл ускорения длится 30 мсек, оказалось целесообразным весь тракт высокой частоты, включая и ускоряющее устройство, разбить на 2 канала. Ускоряющее устройство первого канала должно обеспечить ускорение в процессе изменения частоты — оно должно обладать необходимой полосой пропускания и требует поэтому сравнительно большой импульсной мощности. В оставшейся части цикла может быть использована любая резонансная система и, поскольку электромагнит имеет прямолинейные участки, может быть использован объемный резонатор обычного тороидального типа.

Наибольшие трудности представляет выбор широкополосной ускоряющей системы. Практика строительства протонных синхротронов подсказывает возможность использования двух типов ускоряющих устройств — объемных резонаторов, нагруженных ферритом, и пролетных труб. Объемный трансформатор с ферритом безусловно был бы наилучшим решением и позволил бы снизить необходимую мощность возбуждения. Однако даже лучшие ферриты в интересующем нас диапазоне частот имеют собственную добротность, не превышающую 8—9.

Таким образом, большого выигрыша мощности с ферритовым резонатором получить невозможно. К тому же конструкция резонаторов потребовала бы разработки ферритов специальной формы, что экономически в данном случае нецелесообразно. Пролетные трубы, широко используемые в настоящее время, являясь аperiодической системой, конструктивно удобны. Эквивалентное шунтовое сопротивление пролетной трубы со стоячей волной [1]

$$R_{ш} = 2Z_0 \left(\frac{\varphi_э}{2} \right)^2, \quad (1)$$

где Z_0 — волновое сопротивление,
 $\varphi_э$ — эквивалентный угол трубы.

В качестве пролетной трубы может быть использовано непосредственно проводящее покрытие вакуумной камеры. В этом случае на конечной частоте диапазона $\varphi_э = 2\pi$. В остальной области длина трубы оказывается меньше 2π , изменяясь, таким образом, от

$0,76\pi$ до 2π . Поскольку модуль коэффициента передачи напряжения пролетной трубы [1]

$$|n| = 2\sin\varphi_0/2, \quad (2)$$

частотная характеристика весьма неравномерна. На рис. 1 приведены экспериментально снятые кривые, характеризующие изменение входного сопротивления камеры по диапазону с одним и двумя ускоряющими зазорами. Как видно из рисунка, сопротивление камеры носит

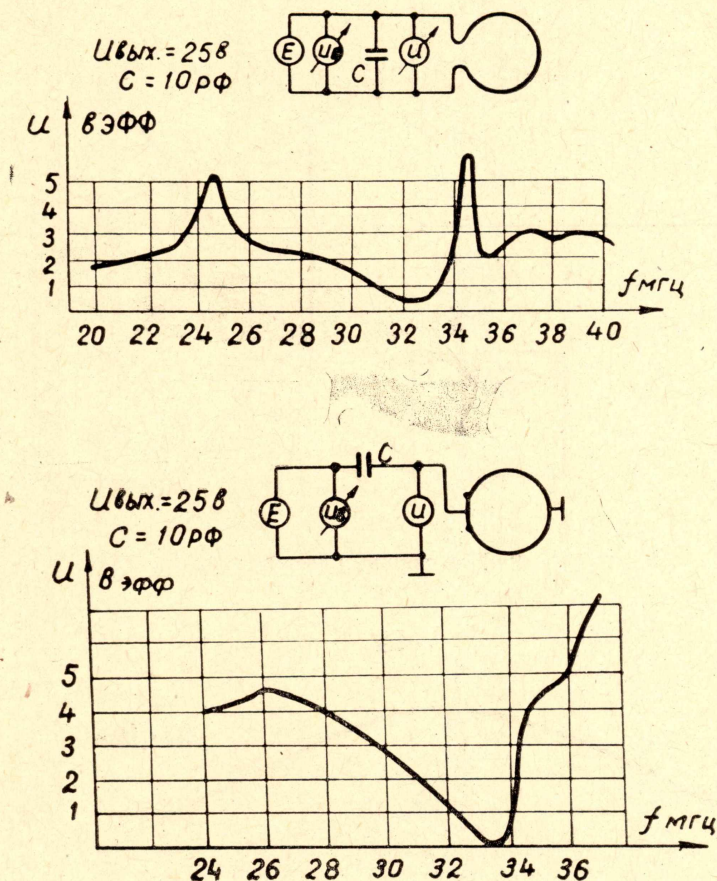


Рис. 1. Частотная характеристика камеры ускорителя

сложный характер и имеет максимальное значение вблизи конечной частоты. Серьезной проблемой является обеспечение электрического контакта между проводящим покрытием камеры и питающим фидером на больших уровнях мощности. Здесь может быть использована система кольцевых электродов [2], но низкая сама по себе эффективность пролетной трубы [низкое z_0 в (1)] еще уменьшается, тем, что реактивность входного сопротивления системы не может быть скомпенсирована в диапазоне частот отрезком двухпроводной линии.

Учитывая эти обстоятельства в синхротроне 300 МэВ в качестве широкополосной ускоряющей системы применен тороидальный объемный резонатор, полоса пропускания которого расширена шунтированием его активным сопротивлением. Для размещения ускоряющего устройства в синхротроне отведен один прямолинейный участок, поэтому широкополосный резонатор спарен с узкополосным. На рис. 2 приведена конструкция и геометрические размеры спаренного резонатора. В обоих резонаторах для сокращения габаритных размеров в емкост-

ную часть введены сосредоточенные емкости, образованные конденсаторами типа КВКБ.

Шунтирование резонатора, как показал опыт, происходит тем эффективней, чем выше характеристическое сопротивление резонатора. Вследствие этого широкополосный резонатор имеет более развитую

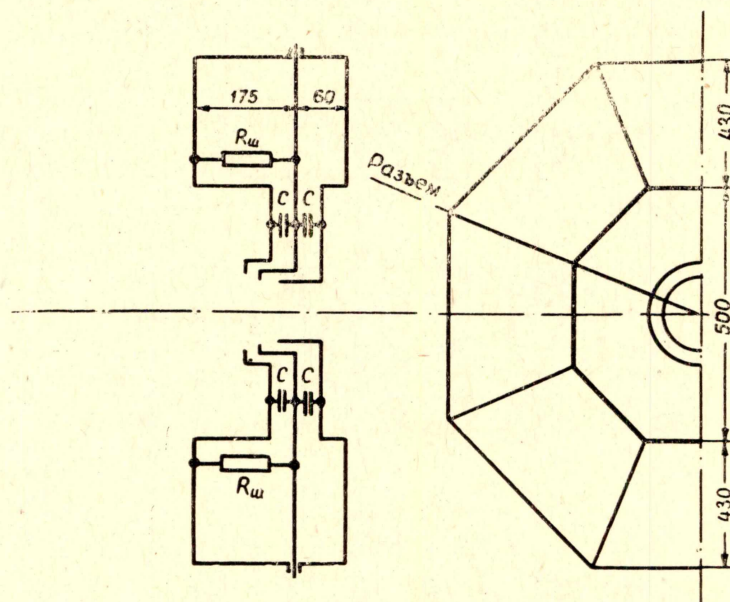


Рис. 2. Конструкция резонатора

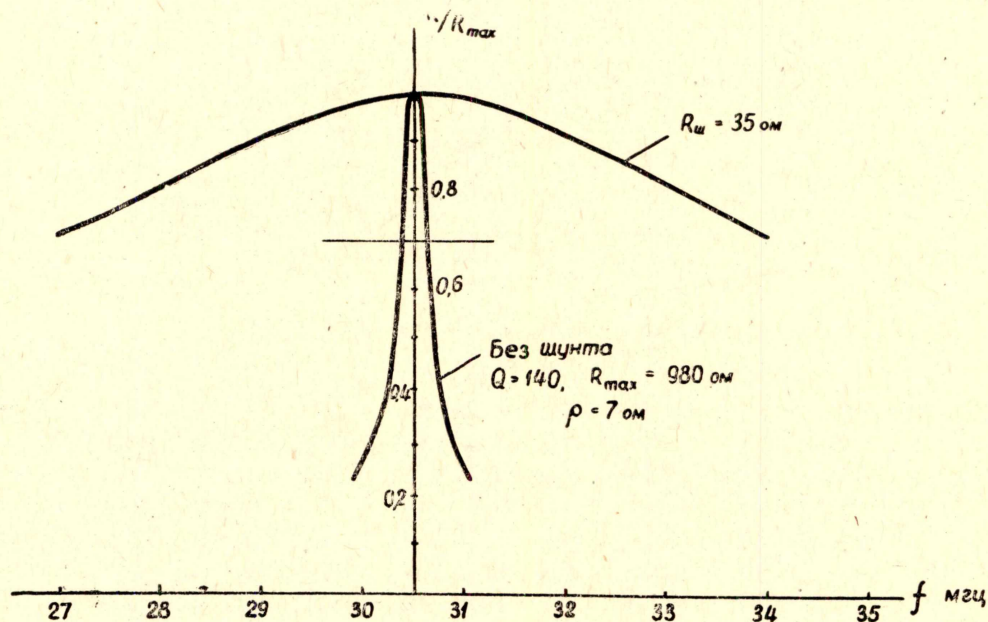


Рис. 3. Резонансные характеристики широкополосного резонатора.

индуктивную часть и занимает большую часть прямолинейного участка. Узкополосный резонатор при таких геометрических размерах правильнее рассматривать как радиальную линию. Это обстоятельство сказывается в настройке его, так как величина вводимой в зазоре емкости зависит от места ее расположения. Добротность узкополосного ре-

зонатора и его шунтовое сопротивление соответственно равны $Q = 160$, $R_{ш} = 250 \text{ ом}$. Для обеспечения амплитуды ускоряющего напряжения 1000 в требуется мощность не менее 2 квт.

На рис. 3 приведена резонансная кривая широкополосного резонатора до и после шунтирования. Требуемая полоса пропускания получена с шунтирующим сопротивлением 35 ом. Для шунтирования использованы сопротивления УНУ 75 ом, расположенные внутри резонатора. Мощность, необходимая для получения 600 в ускоряющего напряжения, составляет 6 квт. Возбуждение резонаторов производится с помощью петель связи. Резонаторы расположены в непосредственной близости друг от друга, и поэтому неизбежна связь между ними за счет электрических полей рассеяния в зазорах. Несмотря на то, что частоты резонаторов далеко разнесены (собственная частота широкополосного резонатора 30,5 Мгц узкополосного — 37,5 Мгц), оказалось необходимым процесс перезахвата производить раньше, чем частота обращения электронов на орбите окажется в полосе пропускания узкополосного резонатора. Несмотря на то, что при этом происходит потеря части ускоряемых электронов, узкополосный резонатор не возбуждается электронным пучком, и общее количество захваченных электронов не уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. М. Лебедев-Красин. «Радиотехника и электроника», 1, 7, 940, 1956.
 2. А. А. Воробьев, Б. А. Солнцев, В. Н. Титов. Изв. вузов, «Радиотехника», № 2, 246, 1959.
-